

《额定电压 0.6kV~3kV 光伏逆变器内部连接用电缆》

编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1. 任务来源

根据《关于 2022 年第八批中国电工技术学会标准立项的通知》（电技学字（2022）第 176 号），《额定电压 0.6KV~3KV 光伏逆变器内部连接用电缆》已列入制定计划，项目编号为 CESBZ2022082。该项目由浙江三科线缆有限公司牵头起草。

2. 目的和意义

（1）目的

光伏逆变器是光伏发电行业中技术密集度最高的产品之一，其转换效率及可靠性将直接影响到光伏发电系统的运行效益。近十多年来，伴随着全球对能源、环境危机关注的不断增强和“碳达峰、碳中和”目标的提出以及逆变器技术环节不断革新，各种新技术、新产品层出不穷，光伏逆变器是整个光伏行业技术迭代革新最快的部分之一。作为光伏系统唯一具备多种数字化功能，同时又直接联接电网的智能设备，能源数字化和电网友好性将成为逆变器进化的又一大关键途径。其中，组串式逆变器市场占比不断上升，已成为占比最大的逆变器品种，全球分布式光伏市场持续发展、集中式光伏电站中组串式逆变器占比不断上升，为组串式逆变器行业创造了得天独厚的市场环境。

作为光伏逆变器在光伏清洁能源领域应用中实现的能源获取低成本实用性，资源利用循环性，资源来源广泛性，对人类环保的友好性方方面面均达到了得天独厚的条件。光伏能源和风能能源及未来突飞猛进上升应用的氢能能源可以说是清洁能源的三大巨头产业，国际和国内政府都给予了政策红利和法规法律产业支持，极大助推了光伏逆变器细分领域的长足发展，给国民经济在一定程度上注入了强大的发展动力。

（2）意义

随着国家“双碳政策”的全面推广和实施落地，光伏逆变器配套类光伏发电资源得到了充分广泛的利用，我国拥有广袤的大西北高原地带，沙漠地带，草原地带；东南沿海近海和浅海地带，丘陵地带，平原地带都有取之不尽，用之不竭的天然资源，这为光伏逆变器产业拓展了光明的发展前景。同时，作为光伏逆变器设备内部应用的特种环境材质布线，提出了在材料设计端，环境匹配端，产品应用端，产品性能端和使用安全端及产品应用寿命端都提出了全新的要求。

所以，作为耐极寒，耐高温，耐湿热，耐日光照射，耐产品应力开裂，耐小弧度弯曲半径布线，耐酸耐碱性，高柔性，应用可靠度方面，对光伏逆变器内部连接电缆都提出了高要求，高起点，高应用挑战。

当前光伏逆变器内部应用布线电缆供应链厂商，存在 3 种产品品质隐患状态：

①有 90% 以上的光伏逆变器内部连接应用硅胶线类供应端，从眼前成本和制造工艺操作方便上着想，采用国产双二四硫化工艺，硅胶主料采用混炼沉淀硅胶，配套到光伏逆变器布线，无论从耐极度高温高寒环境，还是在特定环境的使用寿命上面，均都无法达标。通过老化寿命模拟试验验证，只能达到 7~10 天老化测试；有的甚至连 7 天老化测试要求都无法满足，这直接给光伏逆变器设备的电能转换过程中带来了潜在的 3 大电气性能应用风险：其一，应用布线的硅胶线绝缘或护套，过早产生开裂，耐压不良；其二，应用布线的硅胶线绝缘或护套表面，产生水树放电现象；其三，应用布线的硅胶线绝缘或护套表面，因狭小的布线空间，因布线短路，直接烧坏应用电器。

② 有 90% 以上的光伏逆变器内部连接应用辐照交联线类供应端，为了降低材料成本，只选用辐照交联聚烯烃材料仅选用耐温 105 度的 XLPE/XLPO 料，小部分选用了耐温 125 度的 XLPE/XLPO 料，却极少选用耐温 150 度的 XLPE/XLPO 料，而这些聚烯烃材料中很多因硬度超过 88Shore A 且垂直燃烧测试无法满足，仅能通过水平燃烧测试。这在相当特定高温沙漠和戈壁滩地貌环境下，存在 2 类隐形风险：其一，在狭小的光伏逆变器设备中布线太困难；其二，一旦光伏逆变器在高温和电路发生短路出现电器燃烧，无法确保阻燃。

③ 有 90% 以上的光伏逆变器内部连接应用聚氯乙烯线类供应端，为了降低材料成本，选用常规聚氯乙烯材料做绝缘或护套，而在严寒地域应用的聚氯乙烯电线，无法耐寒耐低温达到 105 度，而且硬度也是参差不齐，同理给设备商和终端用户布线带来困难；而且绝缘或护套不耐寒易开裂，直接造成应用中的安全事故和寿命周期过短。

作为光伏逆变器内部配线，按照电器应用功率的大小，电线标配的绝缘厚度和耐压等级同样也不一样。作为光伏逆变器配线，标配用线的导体截面积和导体绞合程度均有要求和规范。如果导体绞合单丝直径无规范，导体绞合节距和绞向无标准，绞合设备不定机不定型，绞合导体松紧度和真圆度不规范；加之在光伏逆变器细分产业未形成一定的团体标准和国家标准，则整个应用市场就会一盘散沙，无标准可循，无标准可依，无规范可讲，等到安全事故，寿命事件一出来再进行规范，已经铸成新能源光伏产业的一大风险了。

所以很多光伏逆变器内部连接电线电缆，目视表面上基本一致，但其实应用可靠性，机械强度，电气性能，环保性能和应用寿命完全不一样。这给终端用户和直接逆变器装机

布线带来或多或少的困扰和应用风险。

由于本细分领域还未发布相关适用的技术标准，只有企业标准和已经不能适应环境应用的其他标准，所以配套的光伏逆变器电线电缆产品质量各有千秋，质量不一。而这类市场监管部门也无法可依，大批不合格的光伏逆变器配线泛滥市场，给实际装机商带来不必要的质量隐患，同时给终端用户带来了潜在的安全风险。为了从材料，工艺，设备，检测规范，设计标准和包装标准上对光伏逆变器内部连接电缆进行统一规范，提高光伏逆变器细分产业的市场竞争力，让市场产品监管部门和管理部门有法可依，有规可范，需要从源头设计端到应用端全产业链进行标准化建立和实施，为新能源光伏逆变器应用产业发展作出贡献。

3. 主要工作过程

(1) 预研和起草阶段：

2021年10月上旬，浙江三科线缆股份有限公司经公司启动了《额定电压0.6KV~3KV光伏逆变器内部连接电缆》团体标准相关准备工作，成立了团标预研工作小组，确定了各组员的工作职责和工作要求，制定了工作计划和进度安排，明确了团标编写原则，进行了相关光伏逆变器现有客户和终端用户领域的调研，并召开了团体标准内外部前后5次技术研讨会，参与标准研讨的专家主要来自终端客户和用户单位、第三方检测机构 and 认证机构、线缆制造企业、上游产业链材料供应商和行业设备商等，通过对标准设计和检测规范内容讨论、修改和完善，参照GB/T2951、GB/T16422、GB/T 2423、GB/T 3048、GB/T 4909、GB/T 16422、GB/T 12666、GB/T 5023、GB/T 38296、NB/T 32004、CQC 2014、UL758和UL1581等标准。

2021年10月中下旬，结合前期产品验证测试及直接和间接客户及终端用户室外多年使用良好反馈，形成了《额定电压0.6KV~3KV光伏逆变器内部连接电缆》团体标准草案。2021年11月上旬，标准起草小组将标准草案和立项申请书，提交到中国电工技术学会标准工作委员会电线电缆工作组秘书处。2022年6月10~20日，秘书处组织专家对标准草案和立项申请书进行审查，函审结论提出4大类技术意见，并要求项目提出单位和工作组对技术意见给出答复。工作组采纳了以上4大类24条技术意见，并一一作出答复，达成统一意见后，签署审查结论，予以立项。2022年12月22日，由中国电工技术学会正式立项。

2023年10月20日，在中国电工技术学会标准工作委员会电线电缆工作组秘书处指导下，标准牵头起草单位组织起草工作组首次团体标准《额定电压0.6kV~3kV光伏逆变器内部连接用电缆》起草工作组会议现场和视频线上线下结合会议，开展了相关不同材质电线电缆产品

试验验证委外第三方测试工作，确定了《额定电压 0.6kV~3kV 光伏逆变器内部连接用电缆》的主要技术指标、标准草案完善补充内容。经工作组编写成员一致讨论后，形成标准了征求意见稿。

4. 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准牵头起草单位为浙江三科线缆股份有限公司，参与起草单位有上能电气股份有限公司、锦浪科技股份有限公司、爱士惟科技股份有限公司、上海思格新能源技术有限公司、海宁联丰东进电子有限公司、VDE环球服务广州分公司、江西优尔检测认证有限公司、广州威凯检测技术有限公司、广东联升传导科技有限公司、惠州乐庭电子线缆有限公司、震雄铜业集团有限公司、江铜铜业集团有限公司和苏州银禧科技有限公司。

在起草工作中，李明强为项目总负责人，全面协调标准起草工作；分项目负责人是朱晓武，王新华，张建明，黄建如，孙彦伟，吴云晓；对标准技术提出修正的成员为：周红梅，谢永梅，韩春孟，宋云，居林，翁正军，陈天雨，何绍锋，斯红超，李弘斌，邱红，陈丹，张万里，鲁健伟，李登宇。

其中，朱晓武负责国内外企业管户资料调研，吴云晓负责收集国内外客户技术内容的分析、总结；王新华、张建明负责标准的试样准备，设计和选材全面技术统筹；基于产品制造和使用经验，为文件起草提供相关数据，并对文件内容提出技术意见。黄建如负责试验验证方法分析和数据处理。上能电气股份有限公司，锦浪科技股份有限公司、爱士惟科技股份有限公司、上海思格新能源技术有限公司、海宁联丰东进电子有限公司，VDE环球服务广州分公司、江西优尔检测认证有限公司、广州威凯检测技术有限公司，广东联升传导科技有限公司负责技术验证标准的确认，产品安规的符合性，产品设计和测试提出技术修正意见。惠州乐庭电子线缆有限公司负责产品在电气性能，机械性能，安全可靠性能，环保性能上提出技术支持和修正意见。震雄铜业集团有限公司，江铜铜业集团有限公司，苏州银禧科技有限公司负责提出产品导体和绝缘材料应用上的技术修正意见。

二、标准编写原则和主要内容

1. 标准编写原则

本标准在修订过程中按照“面向市场需求，把握经济方向，服务趋势产业、自主自发制定、与时俱进修订”原则，将标准化知识与产业技术创新、试验验证、用户痛点和难点反馈相结合，统筹兼并推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面根据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部

分：标准化文件的结构和起草规则》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，全面综合考量制造企业技术水平和用户需求，寻求最佳经济、社会效益，充分体现标准在技术上的先进性和设计上的合理性。

2. 标准主要内容

本文件规定了光伏逆变器内部连接电线电缆的产品使用特性、技术要求、成品线缆试验及其试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存等。适用于光伏逆变器内部连接电线电缆的生产、检测和使用。

(1) 光伏逆变器内部连接电线电缆的绞合导体，导体电阻，绝缘厚度要求以及电缆的外形尺寸有了详细的规定。

(2) 光伏逆变器内部连接电线电缆的材料选型和结构以及产品表示方法进行了说明。

(3) 光伏逆变器内部连接电线电缆的绝缘非电性试验要求、成品电缆的电气性能试验要求、耐特定环境性能以及总试验要求和不延燃试验要求等验证项目作了详细规定。参考 GB/T2951、GB/T16422、GB/T 2423、GB/T 3048、GB/T 4909、GB/T 16422、GB/T 12666、GB/T 5023、GB/T 38296、NB/T 32004、CQC 2014、UL758-2022 和 UL1581-2023 等标准。

(4) 对光伏逆变器内部连接电线电缆的物理性能，热变形试验，热冲击试验，冷弯曲试验，耐日光试验，耐盐雾试验，热延伸试验，柔软性试验，低温拉伸试验，湿热试验，耐酸耐碱试验进行了说明，主要参考了标 GB/T2951、GB/T16422、GB/T2423。(5) 规定了标准覆盖范围内产品的物理机械性能测量时的试样材质类型，包括抗张强度，断裂伸长率等原始性能等，参考标准 GB/T 2951.11-2008《电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 11 部分：通用试验方法厚度和外形尺寸测量机械性能试验》（IEC 60811-1-2:2001）和 GB/T 2951.12-2008《电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 12 部分：通用试验方法热老化试验方法》（IEC 60811-1-2:1985）。

(6) 增加了资料性附录对于光伏逆变器内部连接电线电缆特殊特定环境试验专项试验中：耐酸耐碱试验，线缆热变形试验，柔软性试验，高温压力试验，参考了标准 GB/T 2951.11、GB/T 2951.21、GB/T 2423.17、重点对高温压力的一般要求，取样和试样制备，压力装置，试验步骤，结果和计算，高温压力试验用负载和试验温度等关键试验内容。

3、解决的主要问题

本标准主要参考 GB/T 2423-2016 环境试验和电工电子产品环境试验，GB/T 2951-2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法；GB/T 3048-2007 电线电缆电性能试验方法，GB/T 3956-2008 电缆的导体；GB/T 6995.1-2008 电线电缆识别标志方法 第 1 部分：一般

规定；GB/T 38296-2019 电器设备内部连接电缆；GB/T 5023-2008 额定电压 450/750V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆 一般要求和试验方法；GB/T 12666-2008 单根电线电缆燃烧试验方法 垂直燃烧试验和水平燃烧试验，NB/T 42073-2016 光伏发电系统用电缆；GB/T 16422.2-2022 实验室光源暴露试验方法 氙弧灯，UL1581-2023,UL758-2022 等一系列国家标准和国际标准。

本标准填补了额定电压 600V~3000V 及以上光伏逆变器内部连接用电缆应用的标准空白，重点响应了国家清洁能源政策，推动了 600W+超高功率组件在分布式光伏产业的发展，满足了终端客户对特定环境应用需求，规范了光伏逆变器内部连接用电缆产品测试，完成了光伏逆变器内部连接用电缆标准化需求，促进了团体标准透明化和逆变器上下游产业链的技术合作和沟通，使逆变器市场内部连接用电缆实现了设计标准化，测试规范化。

目前现有标准 NB/T 42073-2016 《光伏发电系统用电缆》适用于组件之间、组串之间、组串直流配电箱之间、直流配电箱逆变器之间、逆变器输电网之间，仅为逆变器外部周边用线；GB/T 38296-2019 《电器设备内部连接线缆》适用于交流额定电压 30V-600V 家用及类似用途、信息技术设备、音视频设备及电信终端设备等电器设备的内部连接线缆，本团体标准是为了填补 600V 及以上光伏逆变器内部连接用电缆的应用标准空白而进行制定的，所以具有对新能源产业电线电缆承前启后的重要意义。

三、主要试验（或验证）情况

《额定电压 600V~3000V 及以上光伏逆变器内部连接用电缆》主要验证通过按照聚氯乙烯，交联聚乙烯，气相型混炼硅橡胶共 3 种不同绝缘或护套材料进行试验验证。验证的项目主要有电气性能，结构尺寸检查，绝缘非电气性能，耐环境性能，燃烧性能；其中电气性能包括 20℃时导体直流电阻试验，绝缘电阻试验，成品电缆耐压试验，结构尺寸检查（其中本项目又包括导体材质，导体结构，绝缘平均厚度和最小厚度，成品电缆外径等项检查）；绝缘非电气性能包括老化前后绝缘机械性能试验（主要验证老化前的抗张强度和断裂伸长率，老化后的抗张强度和断裂伸长率），热延伸试验，柔软性试验，冷弯曲试验，耐日光试验。

耐环境性能主要有耐盐雾试验（主要指耐盐雾后绝缘机械性能：抗张强度保留率和断裂伸长率保留率项目验证），湿热试验（主要验证湿热试验后绝缘机械性能：抗张强度变化率和断裂伸长率变化率）；耐酸和耐碱试验（首先是验证耐酸试验：耐酸试验后抗张强度变化率和断裂伸长率，其次是验证耐碱试验：耐酸试验后抗张强度变化率和断裂伸长率）；

高温压力试验（主要是验证高温 200℃ 试验条件下的耐压能力）。

燃烧性能主要有垂直燃烧测试，水平燃烧测试。其中垂直燃烧测试按照 GB/T 12666.1-2008 来进行验证的，水平燃烧测试按照 GB/T 12666.1-2008 来进行验证的。标志验证主要按照 GB/T 6995.1-2008 和 GB/T 6995.3-2008 进行试验，重点验证电线表面标识上的制造厂名，产品型号和额定电压的连续标志，标志末端和标志始端的距离和标志的耐擦测试。

表1 电气性能（导体直流电阻）验证数据：

样品编号	产品型号/截面积	20℃时导体直流电阻, Ω/km		判定
		标准要求	实测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	≤5.64	5.33	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²	≤3.546	3.378	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²	≤3.546	3.309	pass

表2 电气性能（绝缘电阻）验证数据

样品编号	产品型号/截面积	20℃时绝缘电阻, MΩ.km		判定
		标准要求	实测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	≥0.75	215	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²	≥0.75	173	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²	≥0.75	240	pass

表3 电气性能（成品电缆耐压）相关验证数据（电压施加于导体，接地：水）

样品编号	产品型号/截面积	施加电压	成品电缆耐压 (持续时间5min)		判定
			标准要求	检测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	AC/5KV	应不发生击穿	均未击穿	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²	AC/7KV			pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²	AC/3KV			pass

表4-1 结构尺寸检查验证数据

序号	产品型号：CN23-5999					
	项目	单位	要求	检测结果	判定	备注
1	导体					样品实测对比标准数据判定
1.1	材料		镀锡铜	镀锡铜	PASS	
1.2	单丝根数	根	65	65	PASS	
1.3	单丝直径	mm	0.246~0.262	0.250	PASS	
1.4	绞合节距	mm	≤51	51	PASS	
2	绝缘（标称厚度0.76mm）					
2.1	平均厚度	mm	≥0.76	0.87	PASS	
2.2	最小厚度		≥0.69	0.74	PASS	
3	成品电缆					

3.1	平均外径	mm	3.8~4.2	4.1	PASS	
-----	------	----	---------	-----	------	--

表4-2 结构尺寸检查验证数据

序号	产品型号：CN23-6000					
	项目	单位	要求	检测结果	判定	备注
1	导体					样品实测 对比标准 数据判定
1.1	材料		镀锡铜	镀锡铜	PASS	
1.2	单丝根数	根	413	413	PASS	
1.3	单丝直径	mm	0.121~0.133	0.123	PASS	
1.4	绞合节距	mm	≤64	64	PASS	
2	绝缘（标称厚度0.76mm）					
2.1	平均厚度	mm	≥0.76	0.89	PASS	
2.2	最小厚度		≥0.69	0.76	PASS	
3	成品电缆					
3.1	平均外径	mm	4.4~5.0	4.8	PASS	

表4-3 结构尺寸检查验证数据

序号	产品型号：CN23-6001					
	项目	单位	要求	检测结果	判定	备注
1	导体					样品实测 对比标准 数据判定
1.1	材料		镀锡铜	镀锡铜	PASS	
1.2	单丝根数	根	105	105	PASS	
1.3	单丝直径	mm	0.246~0.262	0.249	PASS	
1.4	绞合节距	mm	≤64	43	PASS	
2	绝缘（标称厚度0.76mm）					
2.1	平均厚度	mm	≥0.76	0.88	PASS	
2.2	最小厚度		≥0.69	0.69	PASS	
3	成品电缆					
3.1	平均外径	mm	4.4~5.0	5.0	PASS	

表5-1 绝缘非电气性能（老化前后绝缘机械性能）验证数据

样品编号：CN23-5999，GNDLV1052000 3.31mm ²					
项目	单位	要求	检测结果	判定	备注
原始性能					样品实测 对比标准 数据判定
抗张强度	N/mm ²	≥10.3	15.2	PASS	
断裂伸长率	%	≥100	260	PASS	
空气烘箱老化后（136℃*168h）					
抗张强度保留率	%	≥70	101	PASS	
断裂伸长率保留率	%	≥65	92	PASS	

表5-2 绝缘非电气性能（老化前后绝缘机械性能）验证数据

样品编号：CN23-6000，GNDLYJ1253000 5.261mm ²					
项目	单位	要求	检测结果	判定	备注

原始性能					样品实测 对比标准 数据判定
抗张强度	N/mm ²	≥13.8	13.8	PASS	
断裂伸长率	%	≥300	350	PASS	
空气烘箱老化后（136℃*168h）					
抗张强度保留率	%	≥80	116	PASS	
断裂伸长率保留率	%	≥80	109	PASS	

表5-3 绝缘非电气性能（老化前后绝缘机械性能）验证数据

样品编号：CN23-6001，GNDLSR2001000 5.261mm ²					
项目	单位	要求	检测结果	判定	备注
原始性能					样品实测 对比标准 数据判定
抗张强度	N/mm ²	≥5.0	8.9	PASS	
断裂伸长率	%	≥300	450	PASS	
空气烘箱老化后（136℃*168h）					
抗张强度保留率	%	≥3.45	3.5	PASS	
断裂伸长率保留率	%	≥100	100	PASS	

表6 柔软性试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	老化温度：136℃ 老化时间：168h 卷棒直径：8mm 卷绕圈数：6圈。	试验后电线表面 检查：无裂纹	无裂纹	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²	老化温度：158℃ 老化时间：168h 卷棒直径：9mm 卷绕圈数：6圈	试验后电线表面 检查：无裂纹	无裂纹	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²	老化温度：250℃ 老化时间：168h 卷棒直径：9mm 卷绕圈数：6圈	试验后电线表面 检查：无裂纹	无裂纹	pass

表7 热变形和热延伸试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	热变形试验： 试验温度： 121℃ 试验时间：4h 负荷：3.93N	试验后电线表面检 查： 无裂纹	无裂纹	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²	热延伸试验： 试验温度： 200℃ 负荷时间：	载荷下伸长率≤ 170% 冷却后永久伸长率： ≤15%	载荷下伸长率 28% 冷却后永久伸 长率：0	pass

		15min 机械应力： 20N/cm ²			
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²	热延伸试验： 试验温度： 250℃ 负荷时间：15 分钟 机械应力： 20N/cm ²	载荷下伸长率 ≤ 170% 冷却后永久伸长率： ≤25%	载荷下伸长率 18%，冷却后永 久伸长率：0	pass

表8 冷弯曲试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000 /3.31mm ²	温度：-40℃ 持续时间：4h 弯曲试棒直径：9mm 弯曲圈数：6圈	试验后电线表面 检查：无裂纹	无裂纹	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000 /5.261mm ²			无裂纹	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²			无裂纹	pass

表9 耐日光试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	日光老化后绝缘机械性能		判定
			标准要求	检测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000 /3.31mm ²	试验方法： GB/T 16422.2-2022 GB/T 2951.11-2008 老化时间：720h	抗张强度保留率 ≥ 80%； 断裂伸长率保留率 ≥80%.	抗张强度保留率 97% 断裂伸长率保留 率100%.	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000 /5.261mm ²		抗张强度保留率 ≥ 80%； 断裂伸长率保留率 ≥80%.	抗张强度保留率 101% 断裂伸长率保留 率97%.	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²		抗张强度保留率 ≥ 80%； 断裂伸长率保留率 ≥80%.	抗张强度保留率 97% 断裂伸长率保留 率98%.	pass

表10 耐盐雾试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	耐盐雾后绝缘机械性能		判定
			标准要求	检测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000 /3.31mm ²	试验方法： GB/T2423.17-2008 GB/T2951.11-2008 试验时间：336h.	耐盐雾后抗张强度保 留率 ≥65% 断裂伸长率保留率 ≥ 65%	抗张强度保留率 101% 断裂伸长率保留 率92%.	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000		耐盐雾后抗张强度保	抗张强度保留率	pass

	/5.261mm ²		留率≥50% 断裂伸长率保留率≥50%	94% 断裂伸长率保留率97%.	
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²		耐盐雾后抗张强度保留率≥50% 断裂伸长率保留率≥50%	抗张强度保留率99% 断裂伸长率保留率100%.	pass

表11 热冲击试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	热冲击后表面检查		判定
			标准要求	检测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000 /3.31mm ²	试验方法: GB/T2951.31-2008 试验温度: 136℃ 试验时间: 1h 卷棒直径: 8mm 卷绕圈数: 6圈	无裂纹	无裂纹	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000 /5.261mm ²	试验方法: GB/T2951.31-2008 试验温度: 158℃ 试验时间: 1h 卷棒直径: 9mm 卷绕圈数: 6圈			pass
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²	本项测试免做	-----	-----	pass

表12 湿热试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	湿热试验后性能变化		判定
			标准要求	检测结果	
CN23-5999	GNDLV1052000 /3.31mm ²	试验方法: GB/T2423.3-2016 GB/T2951.11-2008 试验温度: 90℃ 试验相对湿度: 85% 试验时间: 1000h	抗张强度变化率 ≤-30% 断裂伸长率变化率 ≤-30%	抗张强度变化率 +1% 断裂伸长率变化率 ≤-15%	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000 /5.261mm ²			抗张强度变化率 -6% 断裂伸长率变化率: ≤-9%.	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²			抗张强度变化率 -7% 断裂伸长率变化率: ≤-18%.	pass

表13 高温压力试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件 (试验方法: ISO6722-1:2011中5.8)	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000/	试验温度: 105℃	应不发生	均未击穿	pass

	3.31mm ²	试验时间: 4h	击穿		
CN23-6000	GNDLYJ1253000/ 5.261mm ²	试验温度: 125℃ 试验时间: 4h			pass
CN23-6001	GNDLSR2001000 /5.261mm ²	试验温度: 200℃ 试验时间: 4h			pass

表14 耐酸和耐碱试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定	
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	试验方法： GB/T 2951.21-2008 GB/T 2951.11-2008 耐酸/耐碱温度：23℃ 耐酸/耐碱时间：168h 酸液浓度：0.5mol/草酸溶液 碱液浓度：1mol/L氢氧化钠溶液	耐酸试验： 抗张强度变化率≤30% 断裂伸长率≥100% 耐酸试验： 抗张强度变化率≤30% 断裂伸长率≥100%	耐酸试验： 抗张强度变化率2% 断裂伸长率≥270% 耐酸试验： 抗张强度变化率2% 断裂伸长率≥270%	pass	
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²			耐酸试验： 抗张强度变化率≤30% 断裂伸长率≥100% 耐酸试验： 抗张强度变化率≤30% 断裂伸长率≥100%	耐酸试验： 抗张强度变化率1% 断裂伸长率≥380% 耐酸试验： 抗张强度变化率2% 断裂伸长率≥350%	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²			耐酸试验： 抗张强度变化率-6% 断裂伸长率≥480% 耐酸试验：抗张强度变化率-29% 断裂伸长率≥450%	pass	

表15 垂直燃烧试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	试验方法： GB/T 12666.1-2006 单次供火：15S 供火次数：5次	第1次供火后试样火焰熄灭时间≤60秒； 第2次供火后试样火焰熄灭时间≤60秒； 第3次供火后试样火焰熄灭时间≤60秒； 第4次供火后试样火焰熄灭时间≤60秒； 第5次供火后试样火焰熄灭时间≤60秒； 标识旗碳化比例≤25%； 试验装置底部的棉花是否引燃：否	第1次供火后试样火焰熄灭时间≤2/1/1秒； 第2次供火后试样火焰熄灭时间≤3/5/3秒； 第3次供火后试样火焰熄灭时间≤1/1/2秒； 第4次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第5次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 标识旗碳化比例≤0%； 试验装置底部的棉花是否引燃：否	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²			第1次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第2次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第3次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第4次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第5次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 标识旗碳化比例≤0%； 试验装置底部的棉花是否引燃：否	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²			第1次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第2次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第3次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第4次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 第5次供火后试样火焰熄灭时间≤0/0/0秒； 标识旗碳化比例≤0%； 试验装置底部的棉花是否引燃：否	pass

表16 标志耐擦性试验

样品编号	产品型号/截面积	试验条件	标准要求	检测结果	判定
CN23-5999	GNDLV1052000/3.31mm ²	试验方法： GB/T 6995.1-2008 GB/T6995.3-2008	1) 电缆应用制造厂名，产品型号和额定电压的连续标志，厂名标志可以是标志识别线或制造厂名或商标的重复标志； 2) 一个完整标志的末端和下一个完整标志的始端之间的距离不超过275mm； 3)标志应字迹清楚，用浸过水的脱脂棉布轻轻擦拭10次后基本不变。	1) 电缆表面印刷内容正确且符合要求； 2) 一个完整标志的末端和下一个完整标志的始端之间的距离为100mm； 3) 标志字迹清楚，用浸过水的棉布轻轻擦拭10次后基本不变。	pass
CN23-6000	GNDLYJ1253000/5.261mm ²			1) 电缆表面印刷内容正确且符合要求； 2) 一个完整标志的末端和下一个完整标志的始端之间的距离为80mm； 3) 标志字迹清楚，用浸过水的棉布轻轻擦拭10次后基本不变。	pass
CN23-6001	GNDLSR2001000/5.261mm ²			1) 电缆表面印刷内容正确且符合要求； 2) 一个完整标志的末端和下一个完整标志的始端之间的距离为80mm； 3) 标志字迹清楚，用浸过水的棉布轻轻擦拭10次后基本不变。	pass

四、标准中涉及专利的情况

本标准在起草编制过程中，未发现涉及相关专利的问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

1. 逆变器技术国际国内终端客户技术迭代和市场发展现状

追溯逆变器过去 25 年发展历史，市场完成了从集中式向组串式的转换。1995 年组串式逆变器问世，光伏电站容量仅为 1~2kW 左右。2002 年以 SMA 为首的各大逆变器厂商相继推出了集中式逆变器，被广泛应用于地面电站。2013 年以来，组串式逆变器技术进步，成本已经接近集中式逆变器，因其可提供更好的灵活性，被越来越多的业主所接受。

由于技术的迭代与需求的变化，市场从大型地面电站转向分布式光伏。根据 GTMResearch 发布的《全球光伏逆变器市场份额和出货量趋势》报告，2017 年组串式逆变器出货量首次超过集中式，规模约为 4GW。2018 年随着各国分布式光伏的崛起，除印度外，中国、美国、澳大利亚等市场都是组串式逆变器的战略要点。未来随着政府及业主对安全性重视的不断提升，“组串式+关断”和微型逆变器有望成为新主流。

逆变器厂商聚焦不同细分赛道，各具优势。德国老牌逆变器厂商 SMA 主打大功率逆变器，产品广泛应用于大型地面电站。SolarEdge 和 Enphase 聚焦美国用户市场，市占率达到 80%，主推微型逆变器和功率优化器。锦浪科技以组串式逆变器为主，是 20kW 以下细分赛道龙头。华为主推组串式逆变器，最低可覆盖功率达 3kW。阳光电源主攻 500kW 以上集中式逆变器。2019 年全球主要光伏逆变器企业市场情况参考以下表格。（数据来源于网络全国能源信息平台的相关信息）

进入时间	逆变器厂商	产品功率范围	2019年营收情况
1985	SMA	3kW-4.6MW	72.9亿元
1997	阳光电源	3kW-3.4MW	130.03亿元
2000	特变电工	60kW-2MW	75.84亿元（2019年新能源产业收入）
2005	锦浪科技	0.7kW-125kW	11.39亿元
2006	正泰	3kW-1.5MW	103.75亿元
2006	SolarEdge	1kW-100kW	99.46亿元
2006	Enphase	235W-460W	43.55亿元
2008	科士达	3kW-3600kW	5.92亿元（2019年光伏逆变器及储能收入）
2010	古瑞瓦特	1kW-630kW	5.86亿元（2019出口）
2011	固德威	0.7kW-80kW	9.45亿元
2012	上能电气	3kW-3.125MW	8.51亿元（2019年光伏逆变器收入）
2013	华为	3kW-193kW	35.2亿元（2019出口）

资料来源：各家公司官网，各家公司财报，新时代证券研究所

2019 年，全球主要光伏逆变器企业市场约 601.86 亿元，约占全球市场的 80%以上，其中中国逆变器企业阳光电源、特变电工、锦浪科技、正泰、科士达、古瑞瓦特、固德威、

上能电气、华为市场约 385.95，占全球市场约 64.13%，在双碳政策指引下，新增装机+替换需求双轮驱动，乐观预计 2025 全球新增光伏装机量约 205GW，逆变器市场可达 180 亿美元，其中逆变器内部连接线，占逆变器总成本约 1%，未来逆变器内部连接线市场可达 20 亿以上。

2. 三科线缆近三年光伏逆变器内部连接线产生的经济效益

表17 三科线缆近三年光伏逆变器内部连接线产生的经济效益

年份	销售额（含税） 万元	业务销售占比	市场年需求总量 万元	市场占有率
2019	7552	36%	75000	10.06%
2020	15509	51%	100000	15.5%
2021	20986.67	66%	150000	14.8%

综上数据分析和统计，预计公司逆变器内部连接线产品国内市场占有率约为 10%~15%，国内排名可达前三，国际市场占有率约为 6%~9%，国际排名可达前十。

六、与国标、国外对比情况

1. 本产品当前还不具备国际和国内发行设计标准。本标准在结构设计上主要参考了 UL758 和 UL1581 相关规格结构，在设计规范上主要参考了 GB/T 38296《电器设备内部连接线缆》和 NB/T 42073-2016《光伏发电系统用电缆》；本标准与 GB/T 38296《电器设备内部连接线缆》相比，额定电压等级，绝缘非电气性能方面等技术指标要求更高，对耐特定环境性能上面增加了耐盐雾试验等重要技术指标，同时在原来聚氯乙烯和交联聚烯烃 2 种材质电缆的基础上，新增了硅胶材质光伏逆变器内部连接电缆，增加了光伏逆变器在内部布线上的安装柔软性和快捷性。

2. 本标准是对本领域内已有的《电器设备内部连接线》和《光伏发电用系统电线》的有益补充，填补了《0.6kV-3kV 光伏逆变器内部连接用电缆》产品标准的空白。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准符合国家有关法令法规和国家标准化的方针政策，本标准与有关的国家标准和行业标准相协调，本标准不与现行法律、法规、规章及相关标准冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中，不存在重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准以团体标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准发布后即实施，以满足市场需求。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为首次制定，无现行相关标准。

十二、其他应予说明的相关事项

无。